

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2015**

**ALEŠ SUKOVATÝ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
Ústav techniky a automobilové dopravy

---



**Protikoroční ochrana v automobilovém průmyslu**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. et Ing. Petr Dostál, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Aleš Sukovatý

---

Brno 2015



### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „**Protikorozní ochrana v automobilovém průmyslu**“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

### **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce Ing. et Ing. Petru Dostálovi, Ph.D. za vhodné a užitečné rady a připomínky, které mi v průběhu zpracování mé práce poskytoval.

## **ABSTRAKT**

V bakalářské práci „PROTIKOROZNÍ OCHRANA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU“ je teoreticky řešena problematika koroze a protikorozní ochrana karoserií motorových vozidel. Postupně je v první části popsán význam koroze, její ekonomický a technický dopad a detailně rozvedeny principy a mechanismy jednotlivých druhů koroze. V druhé části je pozornost soustředěna na povrchové úpravy karoserií a jejich protikorozní ochranu. V závěru se práce věnuje ochranným nátěrovým hmotám a lakům, jejich složením a možnostmi aplikace.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Koroze, protikorozní ochrana, karoserie, degradace, povrch.

## **ABSTRACT**

In the bachelor thesis called “THE CORROSION PROTECTION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY” is theoretically solved the issue of corrosion and corrosion protection of motor vehicles coachworks. Gradually, in the first part, there is described the importance of corrosion, its economic and technical impact and elaborated in detail the principles and mechanisms of individual species. In the second part, attention is concentrated on the bodywork finishes and corrosion protection. At the end, the work deals with protective coatings and car paintings, their composition and application possibilities.

**KEYWORDS:** Corrosion, corrosion protection, coachwork, degradation, surface.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>KOROZE KOVŮ</b> .....	<b>11</b>
3.1	Definice koroze .....	11
3.2	Koroze z technicko – ekonomického hlediska .....	11
<b>4</b>	<b>DĚLENÍ KOROZE</b> .....	<b>13</b>
4.1	ROZDĚLENÍ KOROZE DLE MECHANISMU VZNIKU .....	14
4.1.1	Chemická koroze.....	14
4.1.2	Elektrochemická koroze.....	14
4.2	ROZDĚLENÍ KOROZE DLE CHARAKTERU POŠKOZENÍ.....	15
4.2.1	Rovnoměrná koroze .....	15
4.2.2	Nerovnoměrná koroze.....	15
4.3	ROZDĚLENÍ KOROZE DLE ELEKTRICKY VODIVÉHO PROSTŘEDÍ.....	19
4.3.1	Atmosférická koroze .....	19
4.3.2	Půdní koroze.....	19
4.3.3	Koroze ve vodách.....	19
4.3.4	Koroze v prostředí spalovacích motorů .....	20
4.4	ROZDĚLENÍ KOROZE DLE KOROZNÍHO ČINITELE.....	20
4.4.1	Koroze bludnými proudy .....	20
4.4.2	Praskání vyvolané prostředím .....	20
4.4.3	Vibrační koroze.....	21
4.4.4	Koroze při únavě materiálu.....	21
<b>5</b>	<b>METODY OCHRANY PROTI KOROZI</b> .....	<b>22</b>
5.1	Úprava korozního prostředí.....	22
5.2	Volba vhodného konstrukčního materiálu .....	23
5.3	Vhodné konstrukční řešení.....	23
5.4	Vlastní ochrana materiálu .....	24
5.4.1	Elektrochemická ochrana .....	24
5.4.2	Ochrana pomocí ochranných povlaků.....	25
<b>6</b>	<b>VARIANTY PROTIKOROZNÍ OCHRANY KAROSERIÍ</b> .....	<b>26</b>
6.1	Historie protikorozní ochrany vozů Škoda, Lada, Trabant .....	27
6.2	Úprava povrchu pro zvýšení ochrany .....	28
6.2.1	Odmašťování.....	28
6.2.2	Chromátování.....	28
6.2.3	Fosfátování.....	28
6.3	Kovové povlaky .....	29
6.3.1	Žárové zinkování.....	29

6.3.1	Galvanické zinkování.....	30
6.3.2	Chromování.....	31
6.3.3	Metalizace .....	31
6.3.4	Nikl – fosfor .....	32
6.4	Aplikace nátěrových hmot a laků.....	33
6.4.1	Vrstvy laku .....	34
6.4.2	Složení laku.....	36
6.4.3	Metody nanášení .....	37
<b>7</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>45</b>



# 1 ÚVOD

U všech materiálů dochází postupem času a v důsledku rozmanitých vlivů ke znehodnocování materiálu. Jedná se o degradaci materiálu reagujícího s prostředím za působení chemických či elektrochemických vlivů. Důsledkem tohoto působení je zhoršení mechanických vlastností materiálu nebo jeho vzhledu. Nejčastější příčinou tohoto znehodnocení je koroze. Téměř všechny části vozidla jsou vystavovány negativním vlivům okolního agresivního prostředí, proto je důležité nepodceňovat správnou a kvalitní protikorozi ochranu. Úbytky materiálu způsobují všem zemím obrovské finanční ztráty a udává se, že koroze znehodnotí až 2% celkové produkce oceli. Správná protikorozi ochrana zaručuje delší životnost karoserie a udržuje její mechanické vlastnosti v dobrém stavu, proto je kladen důraz hlavně na správnou volbu materiálu, konstrukční řešení a vlastní ochranu materiálu. Mezi tyto ochrany řadíme kovové povlaky a aplikaci nátěrových hmot a laků. V oblasti ochrany karoserií jsou oba způsoby velmi důležité a zajišťují správnou protikorozi ochranu. Mezi základní povrchové ochrany patří galvanické zinkování, žárové zinkování, chromování aj.

Moderní směry v protikorozi ochraně karoserií se zaměřují především na co nejlepší přilnavost povlaků k materiálu, která je potřeba k vytvoření kvalitního, trvalého ochranného povlaku a zabránění jeho poškození. Jedním z moderních prostředků je vyloučení povlaku na bázi nikl – fosfor. Už dříve známá chemická cesta vyloučení tohoto povlaku je nahrazována elektrolytickou cestou, která probíhá ve speciální lázni na bázi síranu a vyznačuje se velmi vysokou protikorozi ochranou, tvrdostí a nízkou porezitou. Důležitou skupinu tvoří nanášení nátěrových hmot a lakování. V dnešní době dochází k pokroku především v možnostech nanášení laků a vysoké požadavky jsou také na ekologičnost jejich složení.

## **2 CÍL PRÁCE**

Hlavním cílem této bakalářské práce je podat celkový teoretický náhled na problematiku koroze a to především v oblasti karoserií motorových vozidel. Dalším cílem je teoreticky představit způsoby protikorozní ochrany a následně detailně uvést konkrétní typy povrchových úprav, které zahrnují úpravy pro zvýšení ochrany, ochranné kovové povlaky a aplikaci nátěrových hmot a laků. Dílčím cílem je také uvést moderní směry a způsoby ochrany proti korozi karoserií a představit jejich podstatu.

## **3 KOROZE KOVŮ**

### **3.1 Definice koroze**

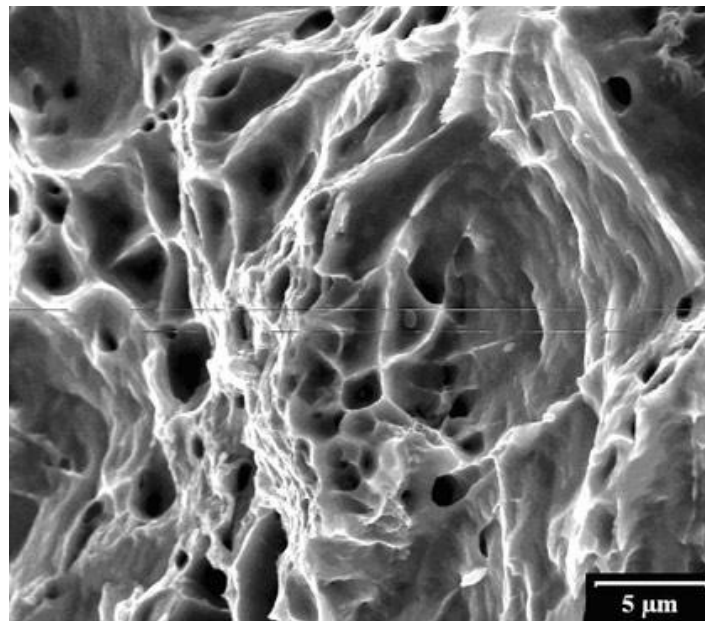
Korozi kovů lze definovat jako proces rozrušování materiálu za působení chemických nebo elektrochemických vlivů a jejich reakcemi s agresivním prostředím. Materiál ztrácí své původní vlastnosti a může dojít k ohrožení funkčnosti daného zařízení. Koroze je fyzikálně chemická reakce, u které dochází k částečnému nebo celkovému rozrušení materiálu chemickými reakcemi materiálu s prostředím nebo fyzikálním působením prostředí, které nazýváme eroze, abraze a opotřebení. Z dosavadních poznatků můžeme říci, že korozi podléhá kromě kovů i velká většina ostatních materiálů. Korodují například plastické hmoty, pryže, silikátové materiály a podobně (Mohyla, 2006).

### **3.2 Koroze z technicko – ekonomického hlediska**

Koroze znamená pro ekonomiku všech zemí obrovský problém. Náklady na protikorozi ochranu dosahují astronomických částek. Dle údajů ze statistického šetření provedeného řadou zájmových organizací byla zjištěna celková suma téměř 5,5 miliard \$ ročně. Častým cílem mnoha prací bylo porovnat korozní ztráty nejčastějšího kovu – oceli s její roční výrobou. Už v roce 1937 bylo v Německu zjištěno, že 1 % roční produkce oceli se přemění v rez. Korozní ztráty tohoto objemu nemusí mít velký vliv na korozní škody, ale dává nám jasný pohled na materiálový úbytek. U vyspělých států tvoří korozní úbytek zhruba 4 až 6 % HDP a v důsledku koroze přichází Česká republika o stovky miliard korun ročně.

Z dosažených poznatků v problematice koroze lze u průmyslově vyzrálých států snížit ztráty způsobených korozi zhruba o 25%. V České republice to dělá téměř 30 miliard Kč ročně. Korozní ztráty zahrnují zejména pořizovací náklady, náklady na provoz a doprovodné náklady. Mezi pořizovací náklady řadíme např. náhradu stávajícího zařízení, koupi záložního zařízení atd. Do nákladů na provoz patří náklady na údržbu a opravy strojů a zařízení nebo systém protikorozi ochrany.

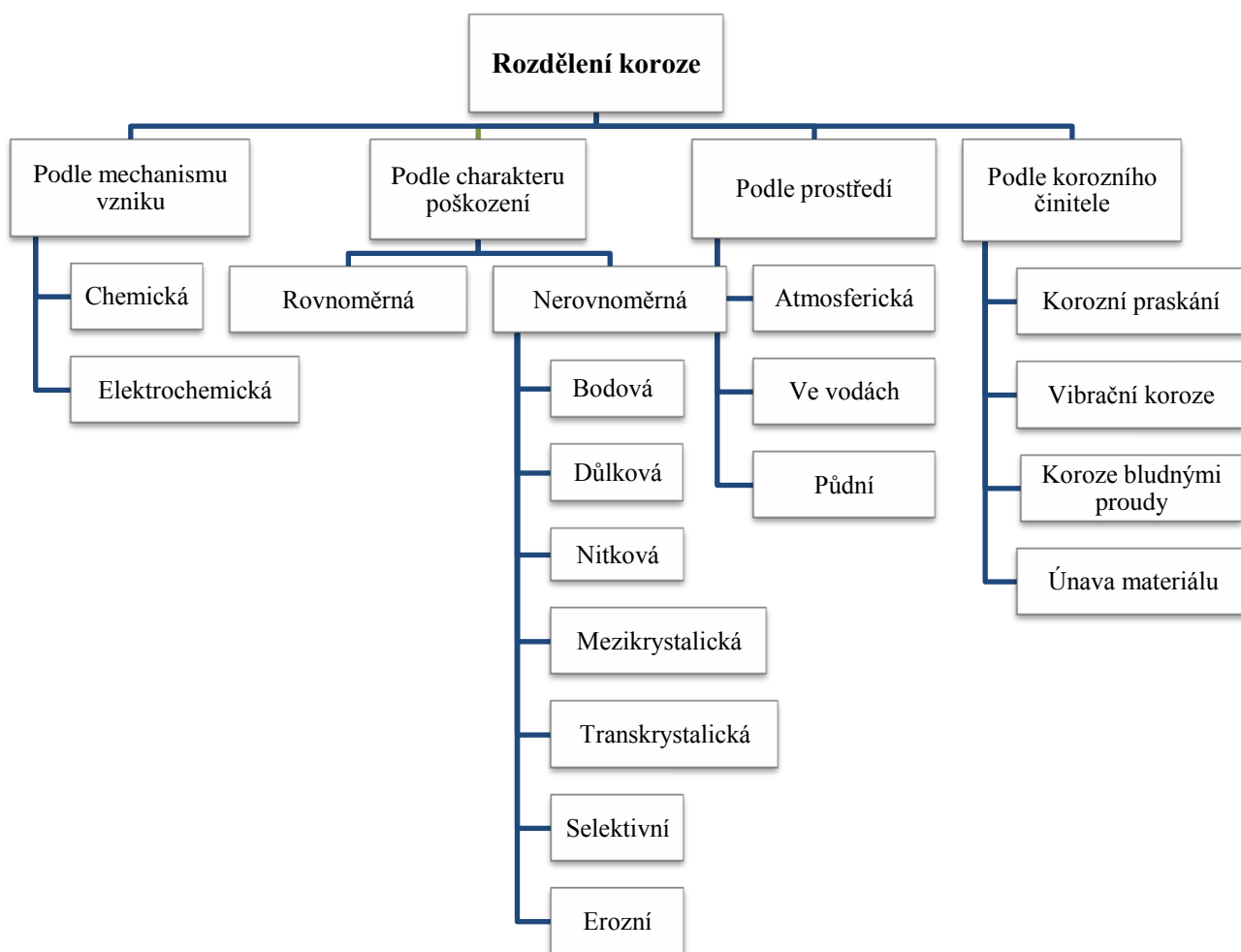
Doprovodné náklady přicházejí v potaz tehdy, dochází – li k poklesu produkce, poklesu kvality produktu nebo na ekologické a zdravotní škody. Velice často se ovšem stává, že dochází k obrovským ztrátám z důvodu nedostatečné protikorozní ochrany. Takové počínání je velice riskantní a v jistých případech může vést až k haváriím, které následně tvoří mnohonásobně větší ztráty než ztráty způsobené preventivními opatřeními. Příčinami bývají i malé znalosti v problematice koroze a nevhodné používání strojů a zařízení. Nejdůležitější otázkou ekonomické problematiky koroze tedy je kompromis mezi náklady na protikorozní ochranu a náklady na provoz a údržbu. V automobilovém průmyslu jsme se v minulosti mohli často setkat se snahou ušetřit náklady snížením tloušťky vrstev vylučovaných povlaků. Toto řešení je přinejmenším pochybné, protože vede ke zvýšeným nákladům na údržbu, případně výměnu dílů a opravy povrchu. Je potřeba využívat poznatky v problematice koroze, nepodceňovat tuto hrozbu a využívat specialistů, kteří v průmyslových závodech budou využívat moderní vědecké poznatky (vscht.cz).



*Obr. 1 Struktura oceli při korozním napadení (cas.cz)*

## 4 DĚLENÍ KOROZE

Rozrušení materiálu je výsledkem působení faktorů koroze, do kterých řadíme materiál, prostředí a fyzikální podmínky systému. Podle toho, který z faktorů převažuje, rozdělujeme jednotlivé druhy koroze.



Obr. 2 Rozdělení koroze (zdroj: autor)

## **4.1 ROZDĚLENÍ KOROZE DLE MECHANISMU VZNIKU**

### **4.1.1 Chemická koroze**

Chemická koroze je degradace kovů za působení chemických vlivů a nastává především v plynných prostředích za vyšších teplot nebo v prostředích nevodivých kapalin. Chemickou korozi dělíme na korozi v oxidačně působících plynech a redukčně působících plynech. V první variantě dochází k tvorbě lidických vrstev na rozhraní mezi kovem a prostředím (povrchu kovu). Pro redukčně působící plyny je charakteristické rozrušování kovu difuzí plynu do kovu a jeho následnými reakcemi. Důsledkem může být vodíková křehkost, vodíková koroze nebo vodíková nemoc (Davis, 2000).

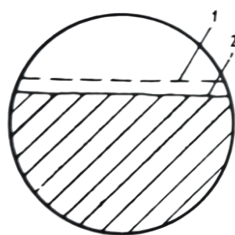
### **4.1.2 Elektrochemická koroze**

Elektrochemickou korozi můžeme definovat jako rozrušování kovů s různým elektrickým potenciálem za vzniku elektrického proudu, který se mění v teplo. Hlavním činitelem pro průběh reakce je elektrolyt. Reakce se sestává z anodické a katodické reakce a jedná se tedy o reakci oxidačně – redukční. Vlastní korozi odpovídá anodická reakce. Katodická reakce se nazývá depolarizační a zahrnuje redukci některé z oxidujících složek. Katodická a anodická reakce jsou na sebe vázány, tudíž nemohou probíhat samostatně. Důležitým činitelem v této oblasti je elektrochemický potenciál. Kovy s větším záporným potenciálem mají vyšší odolnost proti korozi (Hluchý, Haněk, 2001).

## 4.2 ROZDĚLENÍ KOROZE DLE CHARAKTERU POŠKOZENÍ

### 4.2.1 Rovnoměrná koroze

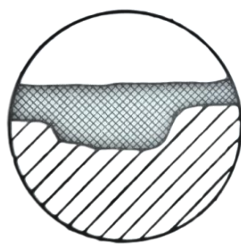
Při kontaktu kovu s prostředím začíná probíhat korozní děj nejdříve na nejvíce aktivních místech. Povrch je rovnoměrně napadán při velké vzájemné reaktivitě kovu a prostředí a většinou při vzniku rozpustných korozních produktů, které dovolují dokonalý přístup prostředí k povrchu. Za těchto podmínek je počet aktivních míst značný a při odstranění jednoho místa vzniká druhé. Při střídání aktivních a neaktivních míst vzniká rovnoměrné napadení (Roberge, 2008).



*Obr. 3 Rovnoměrné napadení (1 - povrch před napadením, 2 - povrch po napadení)  
(Bartoniček, 1966)*

### 4.2.2 Nerovnoměrná koroze

Nerovnoměrná koroze se od rovnoměrné liší zejména výskytem korozního napadení. U nerovnoměrné koroze můžeme nalézt místa bez napadení, v opačném případě je oblast pokryta zcela korozí. Vzniká v důsledku tvorby heterogenit jak na straně prostředí, tak na straně materiálu. Nerovnoměrná koroze se hůře předpovídá a může mít fatální následky, protože k selhání dochází v kratší době. Mezi základní typy této koroze patří bodová, nitková a štěrbinová koroze, dále mezikrystalová, transkrystalová, selektivní a erozní (vscht.cz).

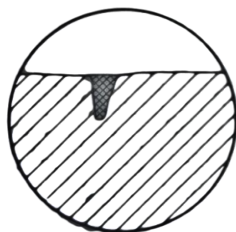


*Obr. 4 Nerovnoměrná koroze (Bartoníček, 1966)*

### ***Bodová a důlková koroze***

Bodová koroze se vyznačuje zasažením jen malé části povrchu, ale do značné hloubky. Vyskytuje se převážně u povrchů, které mají části s rozdílnou korozní odolností. V důsledku bodové koroze dochází k degradaci kovového povrchu a může dojít i k proděravění velké tloušťky materiálu. Zvláště častým případem výskytu tohoto typu koroze je povrch s místním porušením pasivní vrstvy kovu.

Důlková koroze je v podstatě zvláštní případ bodové koroze. Výrazně se liší jen rozměrem napadení. Hloubka není tak výrazná jako je tomu u bodové, ale je výrazně menší než největší průměr důlku (Roberge, 2008).



*Obr. 5 Bodové napadení (Bartoníček, 1966)*

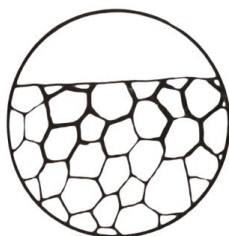
### ***Nítková koroze***

Je typ koroze, která se utváří pod organickými povlaky, zvláště pak pod ochrannými laky. Vyznačuje se tím, že neprostupuje materiálem do hloubky, ale jen sleduje jeho povrch. Nítková koroze vytváří prostupem póry v povlaku obrazce charakteristického tvaru, podle kterých získala svůj název. Toto poškození vede k odlupování povlaku od kovu a vytváření puchýřů (Ščerbejová, 1993).



### ***Mezikrystalová koroze***

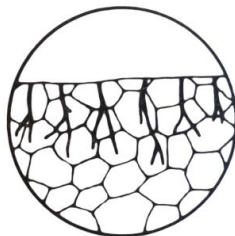
Mezikrystalové napadení se vyznačuje větší rychlostí koroze hranic zrn než vlastního zrna a dochází tak ke změně mechanických vlastností kovu. Nejspolehlivější metodou pro zjištění tohoto druhu poškození je metalografické hodnocení. Rozrušování hranic zrn může probíhat u všech zrn nebo může být vlivem rozmanitosti povrchu shlukováno v určité části. Na hranicích zrn vzniká precipitát, který nahrazuje ochranný tuhý roztok vlastním tuhým roztokem bez korozivzdorné složky. V precipitátu vzniká vnitřní pnutí a může pronikat do značných hloubek (Roberge, 2008).



*Obr. 6 Mezikrystalové napadení (Bartoniček, 1966)*

### ***Transkrystalová koroze***

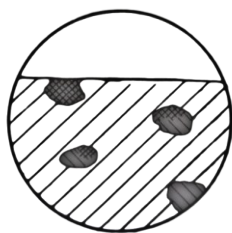
Jedná se o druh koroze, při kterém se vytváří síť trhlinek napříč zrnem. Transkrystalová koroze proniká do hloubky a svými účinky se podobá mezikrystalické korozi. Na vznik těchto trhlin mají vliv především současné působení elektrochemických vlivů a působení napětí nebo vnitřního pnutí (Hluchý, Haněk, 2001).



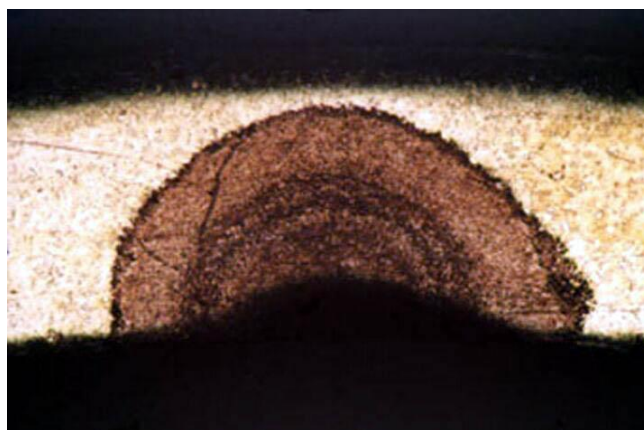
*Obr. 7 Transkrystalové napadení (Bartoniček, 1966)*

### ***Selektivní koroze***

Je druh korozního poškození, u kterého dochází k napadení určité složky slitiny či kovu. Je charakteristická napadáním určité fáze či vrstvy, kde převládá vnitřní pnutí nebo mechanické namáhání. Nejčastěji se s touto korozí můžeme setkat u odzinkování mosazí. U tohoto procesu vzniká houbovitá měď z původní slitiny mědi a zinku (Davis, 2000).



*Obr. 8 Selektivní napadení (Bartoniček, 1966)*



*Obr. 9 Lokální odzinkování mosazi (vscht.cz)*

### ***Erozní koroze***

Erozní koroze vzniká v důsledku kontaktu rychle proudící kapaliny nebo plynu s kovovým povrchem. Rozrušování materiálu se uskutečňuje rychleji, probíhá – li reakce v elektrolytický vodivém prostředí. Dalším důležitým činitelem jsou částice vyskytující se v kapalině nebo plynu. Jedná se o pevné částice nebo plynné bubliny, které při proudění mechanicky poškozují materiál. V podstatě dochází k rozrušování svrchní pasivační vrstvy materiálu a následnému materiálovému úbytku (vscht.cz).

## **4.3 ROZDĚLENÍ KOROZE DLE ELEKTRICKY VODIVÉHO PROSTŘEDÍ**

### **4.3.1 Atmosférická koroze**

Atmosférická koroze je s největší pravděpodobností nejčastěji se vyskytující druh koroze, který způsobuje až 80% všech ztrát způsobených korozí. Můžeme ji zařadit do oblasti elektrochemické koroze a ovlivňuje ji především vlhkost, znečištění atmosféry, teplota, vítr sluneční záření a biologičtí činitelé. Atmosférické korozi je vystavena většina kovových předmětů, strojů, zařízení nebo kovových konstrukcí, z kterých se budeme zabývat zejména karoseriemi motorových vozidel (vscht.cz).

### **4.3.2 Půdní koroze**

Půdní korozi můžeme zahrnout do oblasti elektrochemické koroze. Hlavní činitelé ovlivňující půdní korozi jsou elektrolyt, přítomnost depolarizátoru, pH a půdní bakterie. Všichni tyto činitelé jsou ovlivňováni druhem půdy a koroze bude tedy v různých druzích půdy probíhat rozdílně. Pro ochranu proti půdní korozi může být použito snížení místní agresivity půdy (Davis, 2000).

### **4.3.3 Koroze ve vodách**

S chemicky čistou vodou se můžeme v praxi setkat zřídka, protože téměř vždy obsahuje rozpuštěné či nerozpuštěné látky. Zásadní význam pro korozi např. oceli má přítomnost kyslíku. Je ovlivněna zejména rozpuštěnými plyny, obsahem kyselin, solí nebo zásad. V potaz musíme brát i další činitele jako např. teplotu, proudění nebo biologickou činnost. Zářným příkladem mohou být chladicí systémy motorů (Hluchý, Haněk, 2001).

#### **4.3.4 Koroze v prostředí spalovacích motorů**

Korozi v oblasti spalovacích motorů můžeme rozdělit na korozi chemickou a elektrochemickou. Více rozšířená je chemická koroze, která probíhá vlivem horkých plynných spalin, zatímco elektrochemická pod vlivem kondenzátu během prostoje motoru. Chemická se dá dále dělit na oxidační, která podporuje vznik okují a redukční, která způsobuje nahličení povrchových vrstev a může dojít k napadení kovu sirovodíkem. Příkladem koroze elektrochemické je koroze v chladicí soustavě, kterou lze chránit pomocí inhibitorů a speciálních směsí (Ščerbejová, 1993).

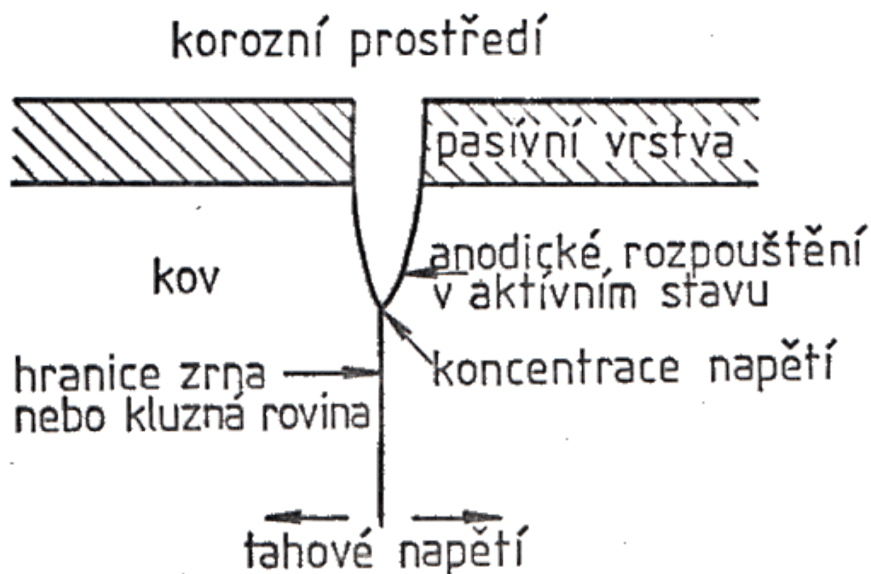
### **4.4 ROZDĚLENÍ KOROZE DLE KOROZNÍHO ČINITELE**

#### **4.4.1 Koroze bludnými proudy**

Hlavní roli u tohoto typu koroze hraje tzv. „bludný proud“. Je to elektrický proud z vnějšího zdroje, který může nežádoucím způsobem proniknout na určitou konstrukci nebo jiný kovový povrch. Proud vystupující na anodě se stává rozhodujícím činitelem pro příslušnou reakci na povrchu. Nejvíce se koroze bludnými proudy vyskytují na konstrukcích uložených pod povrchem země v blízkosti elektrizovaných drah (např. železniční) (Davis, 2000).

#### **4.4.2 Praskání vyvolané prostředím**

Speciální formu koroze představuje korozní praskání. Dochází u něj k mechanickému rozrušování povrchu materiálu v důsledku statických tahových napětí. Korozní praskání závisí především na struktuře a vlastnostech slitin, charakteru korozního prostředí a fyzikálně – chemickém stavu povrchu slitiny. U dvoufázových slitin dochází ke korozi výhradně mezikrystalicky, zatímco u jednofázových slitin může probíhat i transkrystalové napadení materiálu (Kocich, Tuleja, 1998).



Obr. 10 Schéma vzniku korozního praskání (vscht.cz)

#### 4.4.3 Vibrační koroze

Vibrační koroze vzniká reakcemi mezi dvěma styčnými plochami strojních součástí, u kterých dochází ke kmitavému pohybu a kluznému tření při určité frekvenci a malé amplitudě. Na povrchu materiálu vznikají oxidické vrstvy a jejich důsledkem i bodová nebo důlková korozní poškození. Příkladem můžou být valivá ložiska nebo čepy (Mohyla, 2006).

#### 4.4.4 Koroze při únavě materiálu

Korozní únava je stejně jako korozní praskání vyvolána mechanickým namáháním. Na rozdíl od praskání však probíhá u všech kovových materiálů a materiál je namáhán střídavým tahovým napětím. Únava materiálu závisí na vlastnostech korozního prostředí, složení a struktuře slitin a nově také na charakteru a frekvenci namáhání (Kocich, Tuleja, 1998).

## 5 METODY OCHRANY PROTI KOROZI

### Mezi ochrany proti korozi zahrnujeme:

- Úpravu korozního prostředí
- Volbu vhodného konstrukčního materiálu
- Vhodné konstrukční řešení
- Vlastní ochranu
  - Elektrochemická ochrana
  - Ochrana pomocí ochranných povlaků

### 5.1 Úprava korozního prostředí

Uskutečnitelnost a rychlost koroze závisí především na prostředí a podmínkách, ve kterém se materiál vyskytuje a můžeme ho ovlivnit např. úpravou teplotních a tlakových podmínek nebo změnou rychlosti proudění. První možností zmírnění koroze je úprava termodynamických podmínek, která se uskutečňuje např. odstraněním kyslíku z roztoku. Touto úpravou dosáhneme zmenšení jeho oxidační schopnosti, snížení hnací síly reakce a tím pádem snížení rychlosti korozní reakce. Příkladem je např. úprava vody pro uzavřené cirkulační systémy. Druhým způsobem jak ovlivnit prostředí je přidáním inhibitorů. Jsou to látky, které slouží k ochraně povrchu při daných korozních podmínkách změnou vlastností fázového rozhraní kov – prostředí. Inhibitory můžeme rozdělit na fyzikální a chemické. Fyzikální inhibitory se vyznačují fyzikální adsorpcí, která zajišťuje přidržování částic na povrchu silami analogickými Van der Walsovým silám. Důsledkem je snížení rozpouštění kovů, snížení pronikání korozního prostředí k povrchu nebo omezení činnosti depolarizátorů. Chemické inhibitory vytváří ochrannou vrstvu kovu pomocí oxidace, reakcí inhibitoru s kovem nebo zvýšením alkality na rozhraní kov – prostředí a vyznačuje se pevnějšími vazbami, které mohou vytvářet stálé sloučeniny spojené se stavbou kovu (Davis, 2000).

## **5.2 Volba vhodného konstrukčního materiálu**

Volba vhodného konstrukčního materiálu je velice důležitým úkonem, který je podmíněn mnoha vlivy. Zdánlivou výhodou se může zdát snížení nákladů na pořízení materiálu s nižší korozní odolností, ale později se může projevit rapidně zvýšenými náklady na opravy nebo výměnu součástí a zařízení. Takto nedbale provedený výběr materiálu vede k bezpečnostním a ekologickým rizikům. Důležitými vlivy při výběru materiálu jsou maximální teplota, při které je materiál používán, složení případného agresivního prostředí ve kterém se vyskytuje, intervaly jeho působení, pnutí uvnitř materiálu, namáhání, chvění nebo nárazy (Mohyla, 2006).

## **5.3 Vhodné konstrukční řešení**

Díky působení agresivního prostředí by měla konstrukce stroje či zařízení vyhovovat požadované protikorozní ochraně. Konstrukční úpravy mají vliv na protikorozní ochranu zařízení především ovlivněním vlastností materiálu, kvality protikorozní ochrany a vlivem na agresivní korozní prostředí. Úpravy ovlivňující účinnost protikorozní ochrany můžeme shrnout na svařování, u kterého dochází ke změně struktury základního kovu, dále obrábění které má vliv na drsnost povrchu a především tvar, který by měl být pokud možno jednoduchý a měl by umožňovat nanesení rovnoměrné vrstvy povlaku. U konstrukčních úprav snižujících agresivitu korozních podmínek je dbáno především na minimalizování zadržování vlhkosti, zamezení trvalému kontaktu s elektrolytem nebo na zamezení existence nežádoucích štěrbin, ve kterých je zadržován elektrolyt (vscht.cz).

## 5.4 Vlastní ochrana materiálu

### 5.4.1 Elektrochemická ochrana

Změnou elektrodového potenciálu je možné docílit změny rychlosti koroze. Jeho snížením dochází k přechodu kovu do imunního stavu a je chráněn katodicky. Při zvýšení potenciálu do oblasti pasivity se vytváří anodická ochrana kovu.

Katodická ochrana se dělí na dvě skupiny:

#### *Ochrana obětovanou anodou*

V případě obětované anody dochází k vodivému spojení s chráněným povrchem. Anoda tak vytváří potřebný polarizační proud a napětí vlastní anodickou reakcí. Na chráněném povrchu probíhá katodická reakce redukce kyslíku nebo vodíkových iontů, což vyvolává alkalizaci povrchové vrstvy prostředí. Na ochranu ocele a litiny se jako obětované anody nejčastěji používají Mg, Zn, Al, a jejich slitiny (Roberge, 2008).

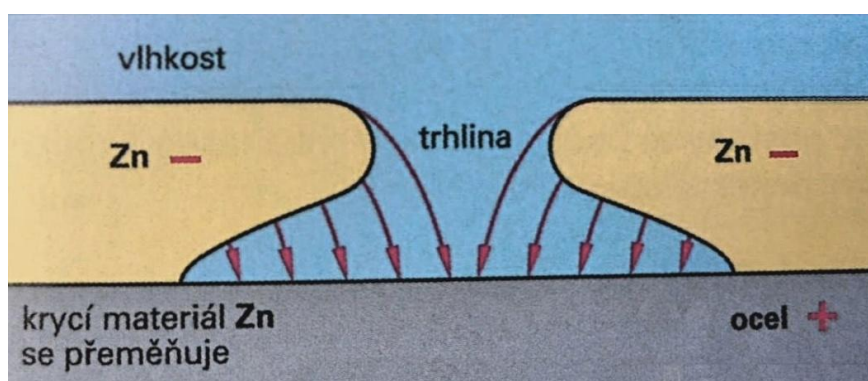
#### *Ochrana vnějším zdrojem proudu*

Anodou je relativně nerozpustný elektricky vodivý materiál, který je připojen na záporný pól. Při ochraně vnějším zdrojem proudu se používají nejčastěji olovo, grafitové anody nebo slitiny PbSb a FeSi v síranových roztocích. Anodická ochrana je výhodná především pro pasivovatelné kovy a využívá oxidačního účinku anodické polarizace. Pomocí anodické reakce je možné vyvolat nebo stabilizovat pasivitu, která souvisí bezprostředně s oxidačním charakterem prostředí. Tento způsob ochrany zajišťuje vytvoření ochranné pasivní vrstvy v prostředích, která by sama svými oxidačními vlastnostmi nezajistila dostatečnou trvalou a stabilní pasivní ochranu (Roberge, 2000).



#### 5.4.2 Ochrana pomocí ochranných povlaků

Ochrana kovů pomocí ochranných povlaků je nejrozsáhlejší skupinou ze všech protikorozních ochranných. Zahrnuje různé typy povlaků, jako jsou kovové, anorganické nekovové i organické. Způsob ochrany není založen pouze na izolaci chráněného kovu od agresivního prostředí, ale i na elektrochemických účincích nebo funkci inhibovat korozi změnou složení pronikajícího prostředí. Při výběru správného ochranného povlaku kovů je důležitá znalost mechanismu funkce ochranných povlaků a znalost vlastností jejich povrchu. Tyto poznatky nám dávají možnost nahrazení drahých konstrukčních materiálů s vysokou korozní odolností vhodnými povrchovými povlaky těchto kovů, nanášenými nejrůznějšími metodami. To umožní vhodně kombinovat výhodné mechanické a cenové vlastnosti základního, méně odolného materiálu s vynikající odolností dražšího kovu. Ochranné povlaky můžeme rozdělit na pravé a nepravé. Skládá – li se ochranná vrstva z méně ušlechtilého materiálu, než je díl, jedná se o pravý ochranný materiál, protože při poškození povlaku materiál okamžitě nekoroduje. Je – li ochranná vrstva z ušlechtilejšího materiálu, než díl, materiál při poškození povlaku zkoroduje – jedná se o nepravý ochranný materiál. (Gscheidle, 2007).



Obr. 11 Pravý ochranný materiál (Gscheidle, 2007)

## 6 VARIANTY PROTİKOROZNÍ OCHRANY KAROSERIÍ

Při volbě protikorozní ochrany karoserií je třeba brát v úvahu mnoho technických faktorů. Je nutné mít pečlivě zmapované prostředí, ve kterém se bude pohybovat, stejně tak i zatížení vznikající např. při montáži. Provedení konstrukce i snadná kontrola ochranného povlaku jsou další významné faktory. O spolehlivosti protikorozní ochrany často rozhoduje právě způsob navržení konstrukce karoserie; jedná se zejména o volbu vhodné technologie zpracování, omezení míst obtížně přístupných nebo zamezení výskytu míst, které mohou zadržovat vlhkost.

Cílem protikorozní ochrany karoserie pomocí povlaků a laků je vytvoření stavu povrchu s lepšími užitnými vlastnostmi, než má základní materiál. V předpokládaném prostředí jeho použití spočívá ochrana v aplikaci vrstvy jiného materiálu na povrch chráněného kovu.



*Obr. 12 Celohliníková karoserie Mercedes - Benz SL (autorevue.cz)*

## 6.1 Historie protikorozní ochrany vozů Škoda, Lada, Trabant

### *Škoda*

Protikorozní ochrana vozů Škoda začínala ve svařovně, kde za pomoci speciálních tmelů byly utěšňovány bodově svařené části, aby byly odolné proti agresivnímu prostředí. Základem dalších úprav byla dokonalá čistota upravovaného povrchu, která byla docílena dvoustupňovým alkalickým odmašťovacím systémem. Na dalším pracovišti byla na povrchu karoserie vytvořena fosfátová vrstva, která tvořila podklad pro následující nátěr. Po vysušení byla na karoserii nanесena elektroforeticky vrstva základové barvy tloušťky asi 25 $\mu$ m. Po následném vysušení a ofoukání tlakem vzduchu byla karoserie zavezena do vypalovací pece, kde byl nátěr vytvrzen. U vozů Škoda 105 a 120 byla v poslední části nanесena na spodek karoserie a do oblasti podběhů blatníků vrstva plastisolu tloušťky až 1 mm. Plastisoly byly v peci vytvrzeny a vyznačovaly se chemickou odolností vůči posypovým solím a odletujícím kamínkům za jízdy (Červený, 1981).

### *Lada*

Povrchové úpravy vozů Lada byly v prvních fázích stejné jako u vozů Škoda. Po odmaštění, fosfátování a elektroforetickém nanесení základní barvy byl na spodku karoserie vytvořen povlak epoxidové základní barvy a následný nástřik konzervačního prostředku Tectyl. Povrch byl upraven dvojím nástřikem plniče v elektrostatickém poli a následně nanесen vrchní email. Ochrana dutin byla provedena metodou ML, jejímž základem byl opět prostředek Tectyl (Červený, 1981).

### *Trabant*

U Trabantu byly povrchové úpravy ovlivněny materiálem, z kterého byla vyrobena jejich karoserie - duroplastu. Karoserie se po odmaštění fosfátovala a elektroforeticky základovala. Nástřik karoserie nemohl být proveden v elektrostatickém poli, protože duroplast je elektricky nevodivý. Ochranná vrstva spodku karoserie byla nanесena stříkáním (Červený, 1981).

## **6.2 Úprava povrchu pro zvýšení ochrany**

### **6.2.1 Odmašťování**

Odmašťování v alkalických roztocích je proces poměrně složitý. Mastné kyseliny se neutralizují a přejdou do roztoku jako rozpustná mýdla. Povrchově aktivní mýdla snižují povrchové napětí mezi roztokem a mastnotou, příznivě působí na průběh odmašťování. Takto probíhá odmašťování rostlinných a živočišných tuků. Minerální oleje, vosky, vazelíny se odmašťují obtížněji, protože nezmýdelňují. Odmašťování minerálních olejů probíhá teprve za zvýšené teploty tím, že se emulgují ve formě drobných kapiček do roztoku odmašťovadla (Mohyla, 2006).

### **6.2.2 Chromátování**

Chromátováním se nazývají procesy chemické úpravy povrchu vytvářející na kovech ochranné pasivační vrstvy chromových sloučenin, jejichž základem je obvykle dvojchroman draselný  $K_2Cr_2O_7$ . Tyto vrstvy chrání kov před lehkým korozním namáháním a hlavně jako úprava základního povrchu k nanášení organických povlaků. Chromátování je výhodné na zinkových a pozinkovaných předmětech, kdy se na povrchu vytváří vrstvička, která chrání zinkový povrch před atmosférickou korozí a zabraňuje tvoření tzv. bílé rzi (Mohyla, 2006).

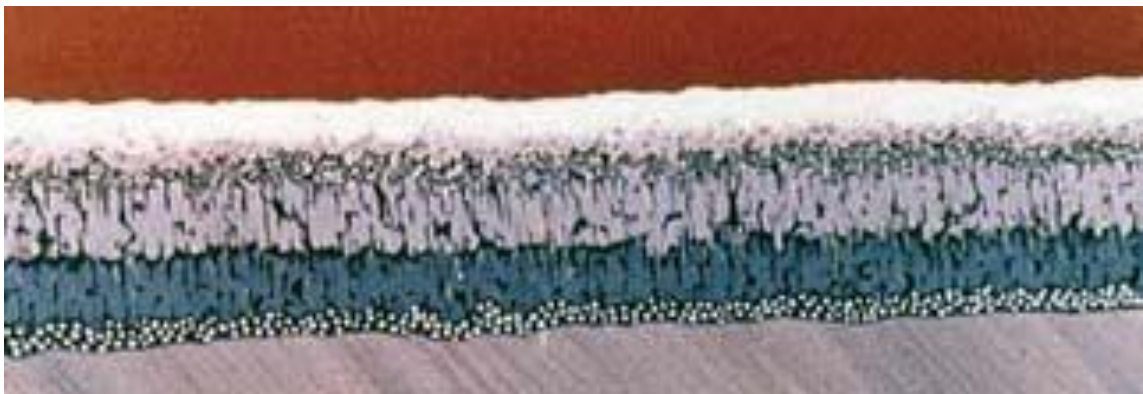
### **6.2.3 Fosfátování**

Je způsob chemické úpravy některých kovů (ocel, zinek) při kterém se tvoří na povrchu předmětu souvislá, dobře zakotvená krystalická vrstva nerozpustných fosforečnanů. Na fosfátování se používají přípravky formulované na bázi kyselého fosforečnanu zinečnatého, zinečnato – vápenatého a manganatého. Fosfátové vrstvy jsou terciální krystalické fosforečnany, ve vodě nerozpustné. Vrstva je chemicky pevně spojena se základním kovem, je však porézní a nepoužívá se jako konečná povrchová úprava, ale jako podklad pro nátěry. Vrstvy vyloučené z roztoku fosforečnanu zinečnatého jsou šedé až tmavošedé (Mohyla, 2006).

## 6.3 Kovové povlaky

### 6.3.1 Žárové zinkování

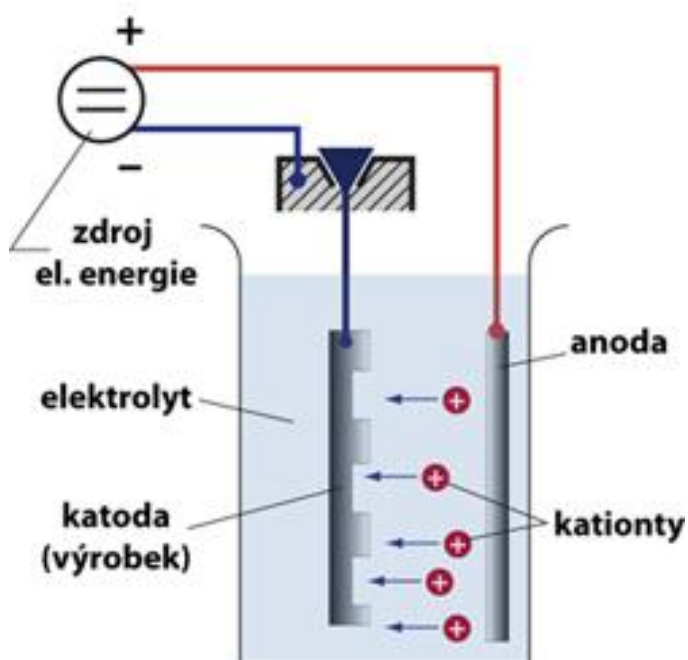
Žárové zinkování je hojně využívaný způsob ochrany karoserií, který je v dnešní době plně automatizován. Jedná se o způsob povrchové úpravy, která zajišťuje spolehlivou dlouhodobou ochranu karoserie proti korozi. Před zinkováním musí být povrch očištěn od rzi, okují a nečistot a následně se ponořuje do lázně s roztaveným zinkem. Po ponoření se vytváří povlak slitiny železa a zinku s vrchní vrstvou čistého zinku. Toho procesu lze dosáhnout suchou nebo mokrou cestou. U suché cesty je materiál ponořen do tavidlové lázně - vodného roztoku chloridu zinečnatého a chloridu amonného a následně se suší. Vzniklá vrstva tavidla na povrchu materiálu brání oxidaci a tím chrání materiál proti korozi. Při mokré cestě je hladina rozdělena na dvě části. V první části se materiál ponořuje přes vrstvu tavidla do zinkové lázně, následně je protažen do druhé části s čistou a volnou hladinou, dochází ke stírání popela ze spáleného tavidla a oxidy zinku a následně se chladí na vzduchu nebo ve vodě. Obě metody vykazují rovnocenně kvalitní výsledný povrch (zinkoza.sk).



Obr. 13 Řez strukturou zinkového povlaku (zinkoza.sk)

### 6.3.1 Galvanické zinkování

Zinkové povlaky patří mezi anodicky chránící povlaky před korozi. Životnost takto upraveného povrchu se obvykle zvyšuje chromátováním nebo fosfátováním. Galvanické zinkování se uskutečňuje v kyanidových nebo bezkyanidových lázních a kyselých lázních. Na elektricky vodivé díly – katody, se vylučuje zinkový povlak rozpouštěním zinku – anody. Důležitá je kvalita vstupního materiálu do lázně - materiál musí být zbaven okují a veškerého zamaštění. U zinkování karoserie vznikají v důsledku této povrchové úpravy vrstvy zinku v řádech desítek nebo stovek mikrometrů a nehrozí tak nechtěné nánosy velké tloušťky. Obecně platí, že galvanické zinkování má kratší životnost, ale odpadá u něj nebezpečí deformace materiálu. (Mohyla, 2006).



Obr. 14 Schéma principu galvanického pokovení (galvanovnaomega.cz)

### 6.3.2 Chromování

Chromových povlaků se v automobilovém průmyslu používá pro zlepšení ochrany proti korozi, vzhledu a dosažení zvýšené tvrdosti. Proces chromování je od jiných elektrolyticky vylučovaných kovů odlišný. Chrom je vylučován ve formě anionu v elektrolytu tvořeného kyselinou chromovou. Vlastnosti chromových povlaků jsou závislé především na teplotě a proudové hustotě a méně na složení lázně. Tento způsob povrchové úpravy byl hojně využíván v druhé polovině minulého století, ale postupem času se od něho začalo upouštět. Chromují se převážně přední a zadní nárazníky, ráfky, kryty tlumičů, středy kol a podobně. Nyní se chromování využívá především pro zlepšení vzhledu zejména u sportovně upravených automobilů (Mohyla, 2006).

### 6.3.3 Metalizace

Metalizace je tepelně mechanický proces, kterým se jemné nastavené částice kovu nebo nekovu s dostatečnou kinetickou energií transportují na připravený povrch základního kovu, kde po ztuhnutí tvoří příslušný ochranný povlak. V současné době se metalizace využívá ve strojírenském průmyslu pro aplikaci kovových povlaků s odlišnými fyzikálně chemickými vlastnostmi oproti základnímu kovu, jako je tvrdost, odolnost proti opotřebení, odolnost proti korozi nebo žáruvzdornost. U karoserií vozidel se metalizace používá tam, kde je vyžadována dlouhá životnost ochrany proti velice agresivnímu prostředí. Metalizace vytváří silný, odolný povrch a proto se používá např. u disků kol, výfuků, nádrží nebo podběhů.

Způsoby nástřiku kovů:

- Nástřik roztaveným kovem
- Nástřik práškovým kovem
- Nástřik drátovou pistolí

### 6.3.4 Nikl – fosfor

Nikl – fosforové povlaky jsou častou volbou povrchové ochrany v případech vysokých požadavků na tvrdost a korozní odolnost výsledného povlaku. Donedávna bylo možné nanášení těchto slitinových povlaků pouze chemickou cestou nazývanou chemické niklování. Povlaky na bázi nikl – fosfor se vyznačují velkou přesností a rovnoměrností povlaku, tvrdostí a korozní odolností. Chemické niklování má i řadu nevýhod jako jsou omezená životnost lázně, vysoké pracovní teploty nebo nízká vylučovací rychlost. V oblasti slitinových povlaků nikl – fosfor probíhá neustálý výzkum a vývoj s cílem zjednodušit technologii chemického niklování a rozšířit aplikační oblast.

Druhým způsobem je možnost vyloučit povlak elektrolyticky. Vyloučení povlaku nikl – fosfor elektrolytickou cestou je poměrně novým způsobem. K tomuto účelu slouží lázeň NIPHOS<sup>®</sup> a jedná se o lázeň na bázi síranu. Rozdílem od klasického chemického procesu je v tom, že tato lázeň neobsahuje halogenidy a těžké kovy jako jsou olovo nebo kadmium. Poměr niklu a fosforu ve výsledném povlaku závisí především na proudové hustotě. Výsledné zastoupení prvků je zhruba 90% niklu a 10% fosforu. Velmi dobré protikorozní vlastnosti jsou důsledkem velmi nízké porezity. Velmi agresivní podmínky vedou pouze ke změně zbarvení povlaku a nedochází ke koroznímu napadení. Další důležité vlastnosti elektrolyticky vyloučeného povlaku jsou dobrá přilnavost, odolnosti proti otěru, velmi dobrá svařitelnost nebo dekorativní vzhled.

Povlak na bázi nikl – fosfor má v praxi využití jak u dekorativních úprav, tak u technických povrchových úprav. Nejčastěji se využívá jako mezivrstva pro následné chromování resp. tvrdochromování. Ideální vrstva chromu je 10-20 $\mu$ m. Vyšší požadavky se řeší zvýšením tloušťky chromu, ale je to díky vnitřnímu pnutí komplikovaná záležitost. Řešením je tedy vyloučení mezivrstvy z této speciální lázně a následné tepelné zpracování, kdy se vytvoří korozně odolný a tvrdý podklad pro následné chromování. Výsledné povlaky je možno obrábět jako běžný materiál (konstrukce.cz).



## 6.4 Aplikace nátěrových hmot a laků

Nátěrovými hmotami chráníme povrch karoserie před nepříznivými vlivy okolního prostředí. Nátěr je hotový ucelený ochranný povlak jedné nebo několika vrstev zaschlé nátěrové hmoty na povrchu předmětu.

Rozvoj automobilového průmyslu si v 50. letech 20. století vynutil, aby si vedle dosud převažujícího oboru továrních povrchových úprav automobilů našel významnější místo i obor autoopravářských technologií povrchových úprav a opravářských autolaků. Základem bylo zavedení pigmentových bází, které byly osazovány do míchacích zařízení, čímž bylo umožněno v jednotlivých lakovnách operativně míchat a domíchat širší škálu barevných odstínů a pododstínů pro opravy autolaků.

Nátěrové hmoty se dělí do dvou skupin:

- Průmyslové
- Opravářské

Průmyslové autolaky neboli nátěrové hmoty pro povrchové úpravy automobilů obsahují veškeré nátěrové hmoty od základových barev až po vrchní laky. Receptury pro vrchní laky jsou vyráběné podle předloh výrobců automobilů pro jejich sériovou výrobu a to ve velkých dávkách v konkrétních odstínech s konkrétní antikorozi ochranou. V sériové výrobě automobilů dochází k elektrolytickému nanášení základových antikorozi nátěrových hmot anaforézou nebo kataforézou. Vrchní laky se nanášejí elektrostaticky, převážně robotizovaně. V důsledku náročných ekologických předpisů se průmyslové nátěrové hmoty vyrábějí především na bázi vody. Konečných požadovaných vlastností dosahují vypalováním při vysokých teplotách.

Druhou skupinou jsou tzv. opravářské autolaky. Jedná se o ucelené technologické řady na bázi konvenční anebo vodou ředitelné, které obsahují veškeré nátěrové hmoty od základových barev až po vrchní laky (včetně tmelů). Od průmyslových autolaků jsou odlišné a používají se hlavně na opravu poškozených částí karoserií (Košťál, Spurný, 2004).

### **6.4.1 Vrstvy laku**

Hlavním úkolem nátěrových hmot a laků je udržet povrch karoserie dostatečně chráněný před vlivy agresivního prostředí, kterému musí čelit. Tato ochrana závisí na jeho vlastnostech a tudíž na složení jednotlivých vrstev.

Složení laků můžeme rozdělit následovně:

#### ***Fosfátová vrstva***

I ten nejlepší lak je k ničemu bez dobrého podkladu. Fosfátová vrstva se naváže na povrch karoserie a jejích dílů a následně zde probíhají intenzivní chemické procesy. Tato vrstva je zárukou pro dosažení požadované soudržnosti s další vrstvou nátěrové hmoty a mezi vrstvami následujícími. Provádí se v ponorné lázni, stříkáním nebo jejich kombinací (Košťál, Spurný, 2004).

#### ***Základová barva***

Základová barva chrání povrch karoserie a jejích dílů před korozi a tvoří precizní základ pro vysoce kvalitní vrchní lak. Hlavním úkolem je tedy antikorozní ochrana povrchu. Základování se provádí v elektrostatické lázni a na základě svých chemicko – fyzikálních vlastností byl tento postup nazván kataforické lakování neboli kataforéza. Vodou ředitelné základové barvy jsou vyráběny na bázi epoxidových pryskyřic a polyuretanů. Během základování je karoserie ponořena do nádrže se základovým plničem a pomocí putujících kladně nabitých částic k záporně nabité karoserii se vytvoří vodou nerozpustná vrstva, která zajišťuje antikorozní ochranu (Košťál, Spurný, 2004).

#### ***Plnič***

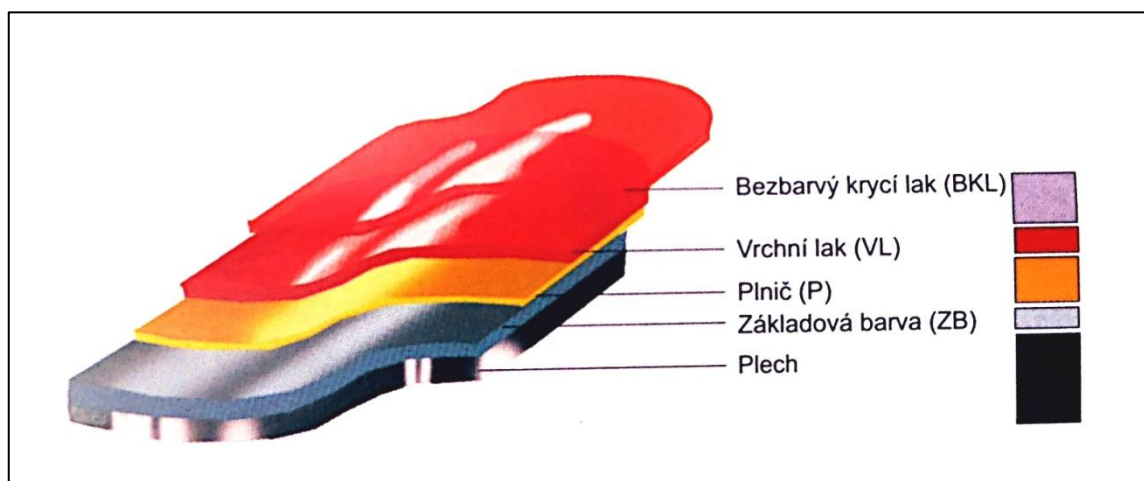
Plnič plní více funkcí, z nichž hlavní je tlumení nárazů kamení. Čím elastičtější plnič, tím lepší ochrana před poškozením nárazy kamení. Požadavky na kvalitu plničů stále rostou, díky pokroku ve výrobě stále více aerodynamičtějších karoserií, u kterých musí stále více dílů čelit nárazům kamení (Košťál, Spurný, 2004).

### ***Vrchní lak***

Vrchní lak tvoří vnější ochranu automobilu a také vytváří optický vzhled. Pro barvu a efekty je vrchní lak nejdůležitější částí lakování, protože obsahuje efektní barevné pigmenty. Pro jeho kvalitu je velmi důležité rovnoměrné nanesení oproštěné od všech nečistot. Vrchní lak se nanáší pomocí elektrostatického stříkání a u metalických laků jsou v elektrostatickém poli obsažena hliníková zrna (Košťál, Spurný, 2004).

### ***Krycí lak***

Jedná se o bezbarvý krycí lak, který je stejně jako vrchní lak nanášen elektrostaticky. Tato finální vrstva je povětšinou na bázi rozpouštědlové a to buď na v jedno, či dvoukomponentním provedení. Bezbarvý krycí lak je nejvíce vystavován vnějším vlivům a z tohoto důvodu musí být patřičně odolný. Mimo to umožňuje zvýraznění barevných odstínů a propůjčuje automobilu lesk. Tímto krokem proces lakování končí a je dokončen vysoušením (Košťál, Spurný, 2004).



*Obr. 15 Vrstvy laku (Košťál, Spurný, 2004)*

## 6.4.2 Složení laku

### *Filmotvorné látky (pojiva)*

Jedná se o makromolekulární látky, které vytváří nátěrový transparentní film. Tvoří většinu nátěrových hmot a většinou jsou ve formě roztoků. Filmotvorné látky mají vliv na lesk, přilnavost nebo tvrdost.

### *Pigmenty*

V nátěrových hmotách mají důležitou roli a propůjčují jim vlastnosti, které jejich kvalitu a použitelnost zlepšují. Zneprůhledňují nátěrový film, vybarvují jej nebo mu dávají speciální vlastnosti.

### *Těkavé složky*

- Rozpouštědla jsou látky schopné rozpouštět pojiva. Pro vodou ředitelné disperzní a ve vodě rozpustné vodové nátěrové hmoty se jako rozpouštědla používá voda.
- Ředidla jsou směsi organických rozpouštědel, která snižují viskozitu nátěrových hmot na potřebnou úroveň pro jednotlivé aplikace.

### *Ostatní přísady*

- Aditiva jsou látky, které podstatně ovlivňují vlastnosti nátěrových hmot, jako je tvorba nátěrového filmu atd.
- Sušidla jsou většinou organokovové katalyzátory, které se dávkuje v malých koncentracích do olejových nebo alkydových nátěrových hmot pro urychlení autooxidačních, polymeračních pochodů při zasychání nátěrového filmu.
- Změkčovadla jsou netěkavé látky, které zabezpečují nátěrovému filmu vláčnost, pružnost a přilnavost (Kalendová, 2002).

### 6.4.3 Metody nanášení

#### *Pneumatickým stříkáním*

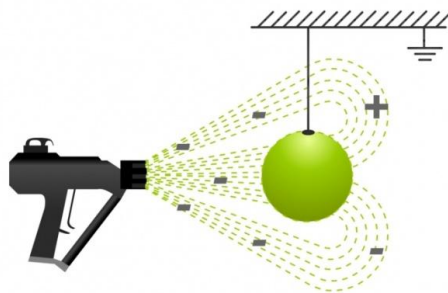
Patří mezi nejrozšířenější způsob nanášení nátěrových hmot a je v hodný hlavně pro rychleschnoucí nátěrové hmoty celulózové a syntetické. Vyznačují se rovnoměrným nástřikem a dosahují velmi hladkého povrchu. Pneumatické nanášení je vhodné pro velké plochy dá se dobře mechanizovat a automatizovat. Základem je stříkácí pistole, kde je nátěrová hmota strhávána proudícím stlačeným vzduchem a vede k vytvoření kuželu jemných kapek, které jsou rozstříkovány na povrch. Mezi nevýhody patří ztráty nátěrových hmot rozprašováním do okolí. Tomuto vlivu se brání pomocí stříkacích kabin, které omezují rozstřík a zneškodňují unikání těkavých látek do okolí (Mohyla, 2006).

Dělí se na:

- *Stříkání za studena* – lak je zředěn rozpouštědlem, které se po lakování odpaří.
- *Stříkání za tepla* – lak se přehřeje na teplotu 50 - 120 °C, sníží se jeho viskozita a je nanášen bez potřeby přidání rozpouštědla.

#### *Pomocí elektrických sil*

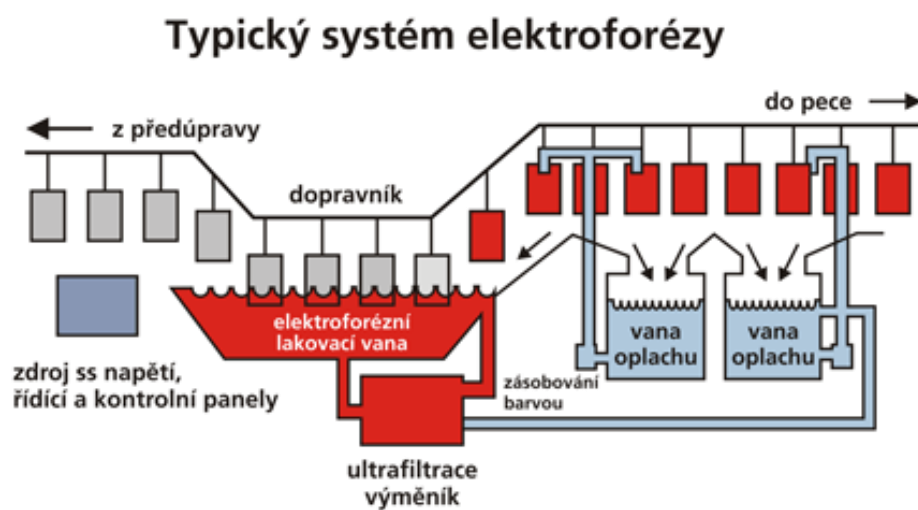
Zde je využíváno fyzikálních zákonů o přitažlivosti částic s opačným elektrickým nábojem. Tohoto způsobu nanášení je hojně využíváno při povrchových úpravách automobilů. Elektricky nabitě částice nátěrové hmoty putují k opačně nabitému povrchu karoserie, kde vytváří souvislou vrstvu nánosu (Košťál, Spurný, 2004).



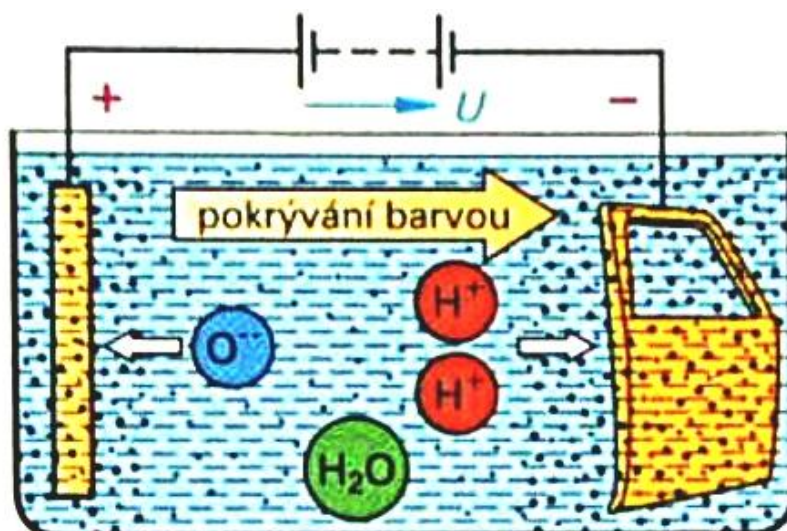
Obr. 16 Elektrostatické nanášení (kremlin.cz)

## Elektroforézní nanášení

Elektroforéza je pokrokovým způsobem nanášení nátěrových hmot. Princip je v tom, že se v lázni s rozředěnou nátěrovou hmotou záporně nabitě částice nátěrové hmoty působením stejnosměrného elektrického proudu pohybují směrem k opačně nabitě karoserii. Elektroforéza se vyznačuje rovnoměrným povlakem a to jak na hranách, rozích a otvorech (Mohyla, 2006).



Obr. 17 Proces elektroforézy (mega.cz)



Obr. 18 Princip elektroforézy (Gscheidle, 2007)

### ***Máčení***

Princip máčení je jeden z nejjednodušších způsobů nanášení. Karoserie je ponořena do nádrže s nátěrovou hmotou pokryta vrstvou nátěru a postupným vynořováním přebytečný nátěr stéká zpět do lázně. Tloušťka nátěru je závislá na konzistenci a rychlosti vynořování karoserie. Máčení může být využíváno k nanášení základního laku při sériové výrobě (Mohyla, 2006).

### ***Airless stříkání***

Jde o stříkání za vysokého tlaku (až 20MPa) prostřednictvím speciálního stříkacího zařízení. Barva je natlačována do pistole a následně rozstříkována přes trysku na stříkaný povrch. Tato metoda se vyznačuje perfektními povrchy bez jakýchkoliv deformací, kvalitním rozstříkem i na špatně dostupná místa i nižší spotřebou laku (inuline.cz).



*Obr. 19 Vysokotlaká pistole airless (kremlin.cz)*

## 7 DISKUZE

Otázka ochrany karoserie proti korozi je důležitým úkolem všech výrobců automobilů. V současnosti jsou obrovské požadavky zákazníků nejen na odolnost a protikorozní vlastnosti karoserie, ale i na odolnost proti vlivům agresivního prostředí jako jsou posypová sůl nebo kyselá dešť. Výrobci se proto snaží o co nejdélejší působení protikorozní ochrany a snaží se vyvíjet stále dokonalejší povlaky.

Literatura (Gscheidle, 2007) rozděluje ochranu proti korozi na aktivní a pasivní. Je uvedeno, že mezi aktivní prvky ochrany patří vhodné legovací příměsi ušlechtilých ocelí nebo ochrana pomocí vnějšího napětí. Mezi pasivní prvky patří naopak metalické povlaky a je zde uvedeno důležité zastoupení zinkových povlaků. Uvádí se, že při použití povlaku z ušlechtilejšího kovu než je díl, se při porušení ochranné vrstvy vytvoří galvanický prvek, což vede k pozvolnému zničení ochranné vrstvy a díl prozatím nekoroduje. Toto tvrzení platí například pro zinkové nebo chromové povlaky.

Požadavky na dlouhodobou ochranu, jak je uvedeno v literatuře (Mohyla, 2006), přinutili výrobce k používání pozinkovaných plechů. Je tvrzeno, že budoucnost může ležet i v hliníkových slitinách, které vynikají nízkou hmotností a v souladu s jiným prvkem tvoří korozně velmi odolný kovový povlak.

V literatuře (Vlk, 2003) je uvedeno, že je stále více rozšiřováno použití lehkých kovů při konstrukci karoserií z důsledku možnosti dosažení rapidně nižší hmotnosti. Dále je uvedeno, že se neustále rozšiřuje používání plastů, jejichž výhody jsou především malá hmotnost, vysoká pevnost a tuhost nebo dobré tlumení hluku. Velkou výhodou je také, že je velice odolný proti korozi a nemusíme aplikovat složité povrchové ochrany.

Budoucnost materiálů pro výrobu karoserie leží také ve speciálních hliníkových slitinách nebo karbonových vláknech. Těchto materiálů se prozatím užívá u sportovních vozů, díky jejich vyšší ceně. Největší vývoj zaznamenávají právě plastové a kompozitní materiály. K těmto materiálům vede hlavně snížení hmotnosti karoserie, úspora nákladů na povrchové úpravy a snadnější výroba.



## 8 ZÁVĚR

V dnešní době jsou požadavky na kvalitu karoserie velmi vysoké. Je požadována vysoká protikorozi ochrana, které je docíleno povrchovými úpravami a nanášením kvalitních laků. Tyto povrchové úpravy mají za cíl ochránit karoserii i před chemickými vlivy okolí, které napadají povrch karoserie a mohou způsobit nevratné škody.

V bakalářské práci „Protikorozi ochrana v automobilovém průmyslu“ jsou řešeny protikorozi ochrany karoserií motorových vozidel, zejména pak nanášení kovových povlaků a aplikace nátěrových hmot a laků. V oblasti povrchových úprav dochází neustále k pokroku a to především v oblasti kvality a přilnavosti povlaků k materiálu. Důležitým tématem je i otázka ekologičnosti nátěrových hmot a laků, u kterých je snaha o co největší obsah vody.

V první části jsou detailně popsány jednotlivé druhy koroze rozdělené do kategorií a popsány čtyři základní teoretické metody ochrany proti korozi. Druhá část bakalářské práce je zaměřena na konkrétní případy ochrany karoserií proti korozi. Jsou uvedeny základní typy ochranných kovových povlaků, do kterých řadíme zinkování, chromování, metalizaci nebo povlaky na bázi nikl – fosfor, které prodělávají vývoj ve směru jejich nanášení. Dále jsou uvedeny možnosti nanášení laků, jejich složení a aplikační metody.

Pokrok v oblasti ochrany proti korozi je patrný a je zde značný rozdíl oproti situaci před několika desítkami let. Požadavky na kvalitu povrchu, dobu trvání korozi ochrany a co nejmenší pořizovací náklady jsou stále vysoké, proto stále dochází k hledání nových možností ochrany karoserií. Volba protikorozi ochrany by neměla být založena na co nejnižší ceně výroby, ale měl by být uskutečněn kompromis mezi cenou a kvalitou ochrany. Stále více se do popředí dostávají kompozitní materiály, hliníkové slitiny nebo i karbon, z kterého například automobilka BMW vyrábí karoserie pro nové elektromobily.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

AKADEMIE VĚD ČR. *Vědecká činnost* [online]. 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://www.cas.cz/o\\_avcr/zakladni\\_informace/dokumenty/vyrocní\\_zpravy/archiv\\_vyrocnich\\_zprav/2009/2\\_vedecka\\_cinnost.html](http://www.cas.cz/o_avcr/zakladni_informace/dokumenty/vyrocní_zpravy/archiv_vyrocnich_zprav/2009/2_vedecka_cinnost.html)

AUTOREVUE. *Sportovní auta* [online]. 2011 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/mercedes--benz-sl-sesta-generace-v-detailech/?id\\_file=0](http://www.autorevue.cz/mercedes--benz-sl-sesta-generace-v-detailech/?id_file=0)

BARTONÍČEK, Robert. *Koroze a protikorozi ochrana kovů*. 1. vyd. Praha: Academia, 1966, 719 s.

BARTONÍČEK, Robert. *Navrhování protikorozi ochrany*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980, 287, [2] s.

ČERVENÝ, Jaroslav. *Koroze a protikorozi ochrana automobilů*. 1. vyd. Praha: Nadas, 1981, 178 s.

DAVIS, J. *Corrosion: understanding the basics*. Materials Park, OH: ASM International, 2000, x, 563 p.

GALVANOVNA OMEGA. *Galvanické pokovení* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.galvanovnaomega.cz/pokov/pokoveni.html>

GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.

HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2*. 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 176 s. ISBN 80-7183-245-6.

INTELINE. *Stříkací technika Airless* [online]. 2011 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.inteline.cz/malovani/strikaci-technika-airless/>

KOCICH, Jaroslav a Stanislav TULEJA. *Korózia a ochrana kovov*. 4. dopl. vyd. Košice: Technická univerzita, 1998, 174 s. ISBN 80-7099-393-6.

KALEDOVÁ, Andrea. *Antikorozní pigmenty a nátěrové hmoty: sborník příspěvků odborné konference konané pod záštitou Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice, Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků Ústavu polymerů materiálů : Pardubice, 23.10.2002*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002, 214 s. ISBN 80-7194-502-1.

KONSTRUKCE. *Povrchová ochrana* [online]. 2010 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/elektrolyticky-vyloucene-povlaky-nikl-fosfor>

KOŠTÁL, Miloslav a František SPURNÝ. *Autolakýrník: úvod do studia nátěrových hmot a technologie povrchových úprav karoserií a částí vozidel: učebnice pro autoopravárenství*. Vyd. 1. Plzeň: F.S. Publishing, 2004, 224 s., [48] s. barev. obr. příl. ISBN 80-903038-6-2.

KREMLIN REXSON. *Stříkací technika* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.kremlin.cz/index.php?page=pruvodce-vyberem-strikaci-techniky>

MEGA. *Kataforézní laky* [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.mega.cz/kataforezni-laky.html>

MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 150 s. ISBN 80-248-1217-7.

PŘÍRUČKA ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ. *Stříkací technika* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.zinkoza.sk/prirucka\\_ziaroveho\\_zinkovania.pdf](http://www.zinkoza.sk/prirucka_ziaroveho_zinkovania.pdf)

ŠČERBEJOVÁ, Marta. *Strojírenská technologie*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993, 132 s. ISBN 80-7157-083-4.

ROBERGE, Pierre R. *Corrosion engineering: principles and practice*. New York: McGraw-Hill, c2008, xiv, 754 s. ISBN 978-0-07-148243-1.

VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, vii, 499 s. ISBN 80-238-8757-2.

VLK, František. *Karosérie motorových vozidel: ergonomika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály*. 1. vyd. Brno: VLK, 2000, 243 s. ISBN 80-238-5277-9.

VŠCHT. *Korozní inženýrství* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/s\\_iproje.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/s_iproje.htm)

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Struktura oceli při korozním napadení .....	12
Obr. 2 Rozdělení koroze .....	13
Obr. 3 Rovnoměrné napadení .....	15
Obr. 4 Nerovnoměrná koroze .....	16
Obr. 5 Bodové napadení .....	16
Obr. 6 Mezikrystalové napadení .....	17
Obr. 7 Transkrystalové napadení .....	17
Obr. 9 Lokální odzinkování mosazi.....	18
Obr. 8 Selektivní napadení.....	18
Obr. 10 Schéma vzniku korozního praskání .....	21
Obr. 11 Pravý ochranný materiál .....	25
Obr. 12 Celohliníková karoserie Mercedes - Benz SL .....	26
Obr. 13 Struktura zinkového povlaku.....	29
Obr. 14 Schéma principu galvanického pokovení .....	30
Obr. 15 Vrstvy laku .....	35
Obr. 16 Elektrostatické nanášení .....	37
Obr. 17 Proces elektroforézy .....	38
Obr. 18 Princip elektroforézy .....	38
Obr. 19 Vysokotlaká pistole airless .....	39